

## بررسی آستانه توپوگرافی و عوامل موثر بر گسترش خندق‌ها و تولید رسوب

در منطقه میشان استان فارس

سید مسعود سلیمان‌پور<sup>91</sup> - مجید صوفی<sup>92</sup> - حسن احمدی<sup>93</sup>

### چکیده

فرسایش خندقی یکی از انواع فرسایش آبی است که به دلیل تولید رسوب و خسارات فراوانی که در نتیجه تخریب اراضی، راه‌ها و سازه‌های عمرانی در استان فارس وارد می‌کند، از اولویت بالایی برخوردار است. در این تحقیق 15 خندق فعال و معرف انتخاب و ویژگی‌های مورفومتریک حوزه آبخیز، خاک، پوشش گیاهی و اقلیم، اندازه‌گیری شد. جهت تعیین عوامل موثر در گسترش و رسوب‌زایی خندق‌ها، رابطه بین حجم خندق به عنوان متغیر وابسته و ویژگی‌های خندق نظیر طول، عرض، عمق، ویژگی‌های آبخیز نظیر مساحت، شیب، ضریب شکل، دانه-بندی ذرات خاک، درصد پوشش گیاهی و بارش به عنوان متغیرهای مستقل با استفاده از روش رگرسیون گام به گام در نرم‌افزار SPSS مورد تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد، رسوب تولیدی ناشی از گسترش خندق‌ها در میشان تابع پنج متغیر ضریب شکل، EC، شن، پوشش گیاهی و سنگ ریزه است. این نتیجه دلالت بر تاثیر عامل خاک، زمین‌شناسی و ویژگی‌های حوزه آبخیز بر تولید رسوب ناشی از فرسایش خندقی دارد. نقش عامل خاک و زمین‌شناسی مهم‌تر از ویژگی‌های حوزه آبخیز بود. بررسی آستانه توپوگرافی نشان داد به علت مثبت شدن نمای رابطه توانی (b) فرایند رواناب زیرسطحی در گسترش خندق‌های این منطقه غالب است. این نتایج نیز بیانگر تاثیر بیشتر ویژگی سازند زمین‌شناسی در تولید رسوب ناشی از فرسایش خندقی است. غالب بودن فرآیند هیدرولوژیک زیرسطحی با مشاهدات میدانی از فرسایش تونلی و نقش انحلال در ایجاد و گسترش خندق‌ها تطبیق دارد. این نتایج با نتایج به دست آمده توسط وندکرف و همکاران (1998) در مناطق خندقی اقلیم مدیترانه‌ای اروپا تطبیق دارد. به نظر می‌رسد تحقیقات بیشتری درباره اثبات هیدرولوژیک فرآیند زیرسطحی در گسترش خندق‌ها و عوامل موثر بر آن در این منطقه لازم است.

واژه های کلیدی: فرسایش خندقی، تولید رسوب، رواناب زیرسطحی، گسترش خندق‌ها، آستانه توپوگرافی، میشان.

1- (کارشناس ارشد مهندسی آبخیزداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران E-mail:m.soleimanpour@yahoo.com

2- (استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان و عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس E-mail:soufi@farsagres.ir

3- (استاد دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران و دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران).

فرسایش آبی به عنوان یک فرآیند کلیدی در تخریب خاک در دنیا مطرح است (اولدمن و همکاران، 1991)، (7). فرسایش خندقی به دلیل اتصال بالادست به پایین دست آبخیز و تولید رسوب، فراوانتر از فرسایش پاشمان و سطحی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هادسون (1985) (4)، خندق‌ها را به عنوان کانال‌های طبیعی بزرگ دارای عرض و عمق زیاد می‌شناسد به طوری که اجازه شخم عادی و معمولی را نمی‌دهند. پوزن و همکاران (2003) (8)، خندق را یک کانال با کناره‌های دارای شیب تند و یک پیشانی فرسایشی پرشیب و فعال می‌داند که به وسیله فرسایش ناشی از جریان سطحی متناوب (معمولا در طی یا پس از وقوع باران‌های شدید) ایجاد گردیده است. اکثر محققین داخلی و خارجی عواملی نظیر تخریب اکوسیستم‌های طبیعی، کاربری نادرست اراضی، تخریب پوشش و چرای مفرط دام، تغییرات اقلیمی و وضعیت زمین‌شناسی و دخالت انسان در عرصه‌های طبیعی را از مهم‌ترین علل ایجاد و گسترش خندق می‌دانند.

به طور کلی فرسایش خندقی از دو نظر در بین انواع فرسایش آبی اهمیت دارد. اول اینکه تحقیقات کمی درباره آن صورت گرفته و کمبود اطلاعات درباره آن احساس می‌شود زیرا تحقیقات بسیار زیادی درباره فرسایش پاشمان (بارانی) و سطحی و شیاری در چند دهه اخیر صورت گرفته است و دلیل آن نیز بسط و ارایه مدل‌های فرسایش جهت برآورد فرسایش شیاری و بین شیاری WEPP, MUSLE, RUSLE, USLE و ... است. دوم اینکه فرسایش خندقی چندین برابر فرسایش سطحی تولید رسوب دارد که برای مخازن سدهای احداث شده، هدر رفت خاک حاصل خیز تولید شده و رسوب‌گذاری رودخانه‌ها بسیار مهم است (صوفی، 1383) (2). یکی از موضوعات جالب توجه، تعیین سهم فرسایش خندقی به کل رسوب تولیدی در اکوسیستم‌های مختلف است. پاسخ به این سؤال بسیار مشکل است ولی نتایج برخی از تحقیقات در این زمینه نشان می‌دهد که سهم فرسایش خندقی از 10 تا 94 درصد تغییر می‌کند و عوامل متعددی در تغییر سهم آن دخیل هستند که عبارتند از: عوامل مکانی، زمانی، کنترل‌ها و کنش‌های محیطی، نوع خاک، کاربری اراضی، توپوگرافی، آب و هوا و غیره می‌باشد (1).

### مروری بر پژوهش‌های گذشته

در دهه آخر قرن بیستم محققان آمریکایی (Montgomery and Dietrich, 1994) و اروپایی (Vandekerckhov et al., 1998) (10) سعی نمودند با برقراری روابطی به تعیین فرآیندهای غالب هیدرولوژیک در حال عمل برای ایجاد یا گسترش خندق پردازند. مبحث مطرح شده به عنوان آستانه توپوگرافی برای ایجاد یا گسترش خندق‌ها مطرح گردید که به صورت رابطه توانی بین شیب و مساحت آبخیز  $S = aA^b$  می‌باشد. که در آن  $S$  شیب و  $A$  مساحت حوزه آبخیز در بالای پیشانی خندق و  $a, b$  ضرایبی هستند که بسته به نوع منطقه متفاوت می‌باشند (6).

شاخص ارایه شده برای تفکیک مناطق خندقی از غیر خندقی به صورت  $SA^b > t$  می‌باشد که در آن  $A$  و  $S$  به ترتیب شیب و مساحت حوزه بوده و  $b$  توان منطقه ای مساحت و  $t$  عدد آستانه توپوگرافی است. در این

رابطه عدد مثبت برای توان  $b$  نشان‌دهنده عملکرد فرآیند زیرسطحی و عدد منفی نشانگر عملکرد جریان سطحی می‌باشد (5) (Montgomery and Dietrich, 1994).

ناشترگیل و پوزن (2002) (8)، در تحقیق خود در کمربند لسی بلژیک متوجه شدند که معادلات مربوط به آستانه توپوگرافی برای انواع مختلف خندق‌ها تفاوت دارد. به‌عنوان مثال آن‌ها در برقراری روابط موجود برای خندق‌های زمستانه عمیق (عمق بیشتر از 0/8 متر) و خندق‌های تابستانه کم عمق (عمق کوچک‌تر از 0/8 متر) متوجه شدند که توان  $b$  خندق‌های عمیق بزرگ‌تر است که نشان‌دهنده عملکرد موثر رواناب سطحی در تعمیق بیشتر این خندق‌ها دارد. در این روابط مساحت ( $A$ ) و شیب ( $S$ ) و  $a$  و  $b$  ضرایب منطقه‌ای هستند (روابط 1 و 2).

$$\text{رابطه 1- خندق کم عمق (کمتر از 0/8 متر)} \quad S = aA^b = 0.020A^{-0.141}$$

$$\text{رابطه 2- خندق عمیق (بیش از 0/8 متر)} \quad S = 0.0578A^{-0.152}$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود اگرچه توان  $b$  در دو گروه نزدیک به یکدیگر است اما ضریب  $a$  در خندق عمیق تقریباً ۳ برابر ضریب  $a$  در خندق کم عمق می‌باشد.

وندکرف و همکاران (2003) (11) در بررسی پیشروی طولی خندق‌های جنوب شرقی اسپانیا و رابطه آن با ویژگی‌های آبخیز، شکل‌شناسی خندق، کاربری اراضی و ویژگی‌های خاک دریافتند که حجم فرسایش خندقی رابطه توانی با مساحت آبخیز در بالا دست خندق‌ها دارد که نمای  $b$  آن با تغییر مقیاس زمانی تحقیق از کوتاه به بلندمدت افزایش می‌یابد که نشان‌دهنده افزایش اهمیت سطح آبخیز یا به عبارتی رواناب سطحی در گسترش خندق‌ها در مناطق خشک و نیمه خشک است. تفاوت در حجم فرسایش در مقیاس‌های زمانی کوتاه و میان مدت نشانه تأثیر مهم تغییرات کاربری اراضی و اقدامات ناموفق مدیریت اراضی در تولید رسوب در خندق‌ها و تغییرات دوره‌ای پیشروی طولی آن است و معمولاً رسوبات بیشتری در مقیاس‌های زمانی متوسط (10 تا 30 سال) به دست آمده است، ولی تفاوت معنی‌دار نبوده است (9).

### تعریف و بیان مسئله

محدوده تحت اشغال خندق در میشان، مساحتی معادل 1/7 کیلومتر مربع را در بر می‌گیرند. خندق‌های این منطقه در اقلیم نیمه خشک معتدل و بر روی سازند گچساران واقع شده‌اند و عمدتاً بر روی اراضی لخت و بایر واقع شده‌اند. قسمت اعظم آن‌ها در نتیجه تغییر کاربری اراضی، تخریب پوشش گیاهی و مدیریت نامناسب اراضی ایجاد شده که باعث ایجاد رسوب در پایین دست و تخریب اراضی و راه‌های ارتباطی می‌گردد. تاکنون مشخص نشده است که آبخیزهای دارای فرسایش خندقی که مشکلات فراوان را در زیر بخش‌های کشاورزی و منابع طبیعی، تخلیه آب زیرزمینی، تخریب اراضی، راه‌ها، پل‌ها و روستاها ایفا می‌کنند از نظر ویژگی‌های آبخیز (نظیر مساحت آبخیز و شیب خندق)، ویژگی‌های زمین‌شناسی و خاک، چه عکس‌العمل‌های متفاوتی از نظر فرسایش خندقی از خود نشان می‌دهند؟

یکی از اولویت‌های تحقیقات فرسایش خندقی را بررسی تأثیر عوامل مختلف مساحت آبخیز، شیب، پوشش گیاهی و ... در گسترش خندق‌ها ذکر نموده‌اند، این تحقیق علاوه بر مشخص کردن عوامل مؤثر در گسترش

خندق‌ها و ارایه راهکارهایی جهت کاهش گسترش خندق‌ها، به روشن‌سازی خلاءهای علمی در اکوسیستم‌های ایران نیز کمک خواهد کرد (1).

### اهداف پژوهش

با توجه به عنوان تحقیق، موارد زیر را می‌توان از مهم‌ترین اهداف پیش‌رو در این پژوهش دانست.

1- تعیین تاثیر ویژگی‌های حوزه آبخیز و زمین‌شناسی در گسترش خندق و تولید رسوب ناشی از آنها.

2- بررسی آستانه توپوگرافی و تعیین فرآیند غالب در گسترش خندق‌های منطقه میشان.

### روش پژوهش

ترسیم مرز آبخیز و مرز فرسایش خندقی و تعیین خندق‌های منتخب با استفاده از مدارک تاریخی شامل: عکس هوایی 1:40000 و نقشه توپوگرافی 1:25000 (سال 1373)، در نرم‌افزار Arceview و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS).

سپس 15 خندق به منظور اندازه‌گیری حجم فرسایش خندقی و ویژگی‌های حوزه آبخیز واقع در بالای پیشانی آن‌ها بر روی نقشه تعیین گردید. طول هر خندق با توجه به تعیین مقاطع با فواصل 10 متری تقسیم و ابعاد خندق شامل عمق، عرض بالا و پایین در سال 1385، اندازه‌گیری و حجم فرسایشی هر مقطع با استفاده از ضرب عمق در متوسط عرض به دست آمد. حجم کل فرسایش هر خندق در دوره (13 ساله) 1373-1385، از مجموع احجام کوچک که از حاصل ضرب متوسط دو مقطع عرضی در طول بین آن‌ها به دست آمده محاسبه گردید.

طول و تراکم خندق‌های منتخب توسط نرم‌افزار Ilwis محاسبه گردید.

درصد پوشش گیاهی، سنگریزه و خاک لخت در آبخیز واقع در بالای پیشانی هر خندق منتخب با قرار دادن تصادفی حداقل 10 پلات یک مترمربعی در امتداد ترانسکت اندازه‌گیری شد.

از هر خندق در فاصله 50 درصدی طول از پیشانی خندق به سمت پایین دست نمونه خاک برداشت و درصد رس، سیلت و شن، PH، EC، SP، OM، بافت خاک و وزن مخصوص ظاهری (توسط استوانه‌های فلزی استاندارد) در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد.

رابطه بین حجم فرسایش و عوامل مرتبط با استفاده از روش Stepwise در نرم‌افزار Spss، تعیین و تحلیل آماری گردید.

### معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه میشان در جنوب غرب استان فارس و در شهرستان ممسنی در محدوده طول جغرافیایی 50 درجه،

52 دقیقه و 51 ثانیه تا 50 درجه، 57 دقیقه و 01 ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی 29 درجه، 59 دقیقه و 22

ثانیه تا 30 درجه، 03 دقیقه و 29 ثانیه شمالی قرار گرفته است (1).

این منطقه در نقشه‌های توپوگرافی 1:250000 شماره NH 39-10 گناوه و 1:50000 I 6149 و

1:25000 شماره 6150 II SE قرار دارد (1).

محدوده مورد مطالعه دارای سازند زمین‌شناسی میشان، گچساران و آبرفت دوره چهارم است که در نقشه زمین‌شناسی مقیاس 1:1000000 E 20845 گناوه مشخص می‌باشد. تیپ اراضی منطقه تپه ماهور و ارتفاع متوسط حدود 620 متر از سطح دریا و شیب متوسط منطقه 3 درصد می‌باشد. اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن گسترده، اقلیم نیمه‌خشک معتدل است. دمای متوسط سالانه 24 درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالانه بر اساس آمار 18 ساله ایستگاه آبدگاه برابر با 645 میلی‌متر می‌باشد (صوفی، 1383) (2).  
در خصوص وضعیت کاربری اراضی، منطقه مورد مطالعه دارای 9/7 کیلومتر مربع اراضی لخت و بایر و 0/59 کیلومتر مربع اراضی زراعی دیم می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه 10/3 کیلومتر مربع وسعت دارد که از این مقدار 1/74 هکتار دارای فرسایش خندقی می‌باشد. نوع خندق جانبی و مقطع عرضی آن V شکل است. خندق‌ها در خط‌القعر تپه ماهور واقع شده‌اند، پلان عمومی آن‌ها پنجه‌ای و پلان پیشانی خندق مدور می‌باشد (1).

### نتایج و بحث

خندق‌های منطقه میشان با تراکم 6/848 کیلومتر در کیلومتر مربع طبق طبقه‌بندی خندق‌ها بر اساس تعداد و تراکم خندق‌ها در واحد سطح (احمدی، 1378)، دارای درجه زیاد می‌باشد که در تولید رسوب ناشی از فرسایش خندقی نقش به‌سزایی دارند (جدول 1).

جدول 1: نتایج اندازه‌گیری طول و تراکم آبراهه، در حوزه آبخیز میشان

شماره (درجه) آبراهه	تعداد آبراهه	تعداد تجمعی آبراهه	طول آبراهه (m)	طول تجمعی آبراهه (m)
1	149	149	46309/67	46309/67
2	75	224	15494/84	61804/51
3	31	255	6923/07	68727/57
4	8	263	1839/61	70567/19
$D.D = \frac{\sum L}{A} = \frac{70/56719}{10/3043} = 6/848 \text{ (Km/Km}^2\text{)}$ تراکم زهکشی				

متوسط درصد خاک لخت در بالای هدکت خندق‌های منتخب میشان 92/93 درصد می‌باشد، حداقل این میزان 81 درصد در خندق شماره 13 و حداکثر آن 97 درصد در خندق شماره 2 مشاهده گردید، هم‌چنین متوسط درصد سنگ‌ریزه سطحی 5/20 درصد می‌باشد که حداقل این میزان 3 درصد در خندق شماره 2 و حداکثر آن 12 درصد در خندق شماره 13 بود، به‌علاوه متوسط درصد پوشش گیاهی 1/87 درصد بود که حداقل این میزان 0 درصد در خندق شماره 1 و حداکثر آن 7 درصد در خندق شماره 13 بود (جدول 2). با توجه به اطلاعات فوق می‌توان

نتیجه گرفت پدیده فرسایش خندقی و رواناب در این منطقه به علت وجود خاک لخت زیاد (92/93 درصد) و فقدان شدید پوشش گیاهی (1/87 درصد) در بالای هدکت خندق‌های منطقه میشان موجب افزایش مساحت منطقه خندقی و تولید رسوب می‌گردد.

جدول 2: درصد خاک لخت سنگریزه سطحی و پوشش گیاهی در آبخیز بالای هدکت خندق‌های منتخب

میشان

شماره خندق	پلات		
	درصد خاک لخت	درصد سنگریزه سطحی	درصد پوشش گیاهی
1	96	4	0
2	97	3	0
3	96	4	0
4	95	5	0
5	96	4	0
6	93	4	3
7	91	5	4
8	94	6	0
9	95	5	0
10	96	4	0
11	95	5	0
12	90	5	5
13	81	12	7
14	89	7	4
15	90	5	5

میزان متوسط رسوب تولیدی در دوره 73-85 در خندق‌های منتخب میشان، 29/57 متر مکعب در سال می‌باشد، حداقل این میزان 1/284 متر مکعب در سال در خندق شماره 2 و حداکثر آن 98/80 متر مکعب در سال در خندق شماره 14 اندازه‌گیری گردید. هم‌چنین مساحت حوزه آبخیز خندق مورد مطالعه (سال 73) در منطقه میشان بین 59/8 متر مربع در خندق شماره 3 تا 14790/54 متر مربع در خندق شماره 15 متغیر بوده است، به علاوه مساحت حوزه آبخیز واقع در بالای پیشانی هدکت (سال 85) در منطقه میشان بین 4/34 متر مربع در خندق شماره 3 تا 4615/4 متر مربع در خندق شماره 15 متغیر می‌باشد. نتایج اندازه‌گیری طول مسیر بالای هدکت نشان می‌دهد هر چه طول بالای هدکت بیشتر باشد، حوزه‌ها کشیده‌تر می‌باشند (3). در نتیجه با توجه به موارد فوق رابطه حجم فرسایش خندقی در دوره 73-85 و طول مسیر بالای هدکت بیانگر این واقعیت است که هر چه طول بالای هدکت بیشتر باشد فرسایش و توسعه خندق نیز توسعه بیشتری دارد.

جدول 3: حجم رسوب تولیدی در دوره 73-85 در خندق‌های میشان

شماره خندق	طول خندق بر روی زمین (m)	حجم فرسایش خندق (m <sup>3</sup> )	حجم فرسایش خندقی در دوره 73-85 (m <sup>3</sup> )	میزان رسوب تولیدی در دوره 73-85 (m <sup>3</sup> /yr)
1	23/5	24/61	24/61	1/893
2	16/70	16/70	16/70	1/284
3	13/60	17/44	17/44	1/34
4	12/20	23/38	23/38	1/798
5	10/35	34/75	34/75	2/673
6	26/80	74/70	74/70	5/723
7	43/20	417/92	417/92	32/147
8	35/70	356/28	356/28	27/40
9	12/76	73/62	73/62	5/663
10	20/10	142/10	142/10	10/93
11	36/55	314/70	314/70	24/20
12	45/30	1270/66	1270/66	97/743
13	50/30	586/00	586/00	45/076
14	73/40	1284/50	1284/50	98/80
15	68/70	1129/43	1129/43	86/879



نگاره 4-11- خندق شماره 14 منطقه میشان به طول 73/40، عرض متوسط بالا و پایین 6/52 و 4/46 و

عمق متوسط 3/18 متر (سلیمان پور، 1386)

جدول 4: ، نتایج خاک شناسی در خندق های منتخب میشان

شماره خندق	درصد ذرات خاک			درصد رطوبت اشباع (%SP)	اسیدتیه کل اشباع pH	وزن مخصوص ظاهری ( $gr/cm^3$ )	هدایت الکتریکی عصاره اشباع $EC_e$ ( $dS/m$ )	ماده آلی (%)
	شن	سیلت	رس					
1	41/00	20/00	39/00	86/50	7/68	1/54	1/18	0/652
2	73/00	12/00	15/00	33/92	7/86	1/28	0/39	0/412
3	71/00	14/00	15/00	34/95	7/75	1/52	0/58	0/376
4	74/56	8/36	7/08	36/55	7/28	1/20	1/69	0/681
5	85/56	18/36	6/08	33/73	7/78	1/31	0/79	0/272
6	73/68	18/00	8/32	42/16	7/17	1/38	1/30	0/780
7	89/68	4/00	6/32	39/55	7/95	1/26	0/38	0/130
8	67/68	22/00	11/32	39/36	7/72	1/47	0/78	0/470
9	94/56	3/36	2/08	37/96	7/64	1/34	1/49	0/220
10	61/56	25/36	13/08	25/34	7/32	1/50	1/06	1/060
11	85/68	5/00	9/32	34/41	7/88	1/36	0/67	0/060
12	81/56	8/36	10/08	26/83	7/44	1/49	0/59	0/034
13	53/68	34/00	12/32	57/47	7/63	1/48	0/78	1/120
14	62/56	32/36	5/08	45/04	7/78	1/55	0/99	0/476
15	57/68	32/00	10/32	24/97	7/82	1/51	0/78	0/910

### عوامل مؤثر در تولید رسوب خندق‌های میشان

جهت تعیین مؤثرترین عوامل در تولید رسوب، میزان رسوب تولیدی به عنوان متغیر وابسته (Y) و عواملی نظیر مساحت آبخیز ( $X_1$ )، درصد پوشش گیاهی ( $X_2$ )، درصد خاک لخت ( $X_3$ )، درصد سنگ‌ریزه سطحی ( $X_4$ )، درصد شیب ( $X_5$ )، درصد رس ( $X_6$ )، درصد سیلت ( $X_7$ )، درصد شن ( $X_8$ )، EC ( $X_9$ )، ضریب شکل ( $X_{10}$ ) به‌عنوان متغیرهای مستقل، در نرم‌افزار SPSS با استفاده از روش Step wise مورد بررسی قرار گرفتند.

جدول 5 دامنه تغییرات متغیرهای مستقل مورد استفاده در معادله رگرسیونی را ارائه می‌دهد. اطلاعات حاصل از اندازه‌گیری‌ها در خندق‌های میشان نشان می‌دهد که به‌طور متوسط هر خندق 384/45 متر مکعب در دوره‌اندازه‌گیری (73-85) رسوب تولید کرده است. به‌طور متوسط خندق‌ها دارای آبخیز با مساحت 3014/02 متر مربع می‌باشند. با توجه به وضعیت کاربری اراضی، مناطق خندقی میشان اغلب در اراضی بایر واقع شده، به‌علاوه اندازه‌گیری سطح آبخیز بالای خندق‌ها که دارای پوشش گیاهی کمتر از 10 درصد (1/87 درصد) می‌باشد نشان‌دهنده وضعیت خیلی فقیر منطقه از نظر پوشش است، وجود خاک لخت (92/93 درصد)، و سازند زمین-

شناسی (گچساران)، باعث انتقال آب به لایه‌های زیرین و ایجاد جریان‌های زیر سطحی شده، که در نهایت منجر به گسترش خندق‌ها و تولید رسوب می‌گردد (جدول 5).

جدول 5: نتایج شاخص‌های آماری متغیرهای مورد بررسی در منطقه میشان

متغیرها	میانگین	انحراف معیار	خطای استاندارد میانگین	حداکثر	حداقل
میزان رسوب تولیدی در دوره 85-73 ( $m^3$ )	384/45	470/66	121/52	50/ 1284	16/70
مساحت آبخیز ( $m^2$ )	3014/02	4539/36	1172/06	54/ 14790	59/80
درصد پوشش گیاهی	1/87	2/50	0/65	7/00	0/00
درصد خاک لخت	92/93	4/20	1/08	97/00	81/00
درصد سنگ‌ریزه سطحی	5/20	2/11	0/55	12/00	3/00
درصد شیب	3/273	8/46	2/18	3/90	3/00
درصد رس	18/04	4/58	1/18	24/32	11/60
درصد سیلت	29/02	8/75	2/26	40/72	12/00
درصد شن	52/94	11/70	3/02	75/68	41/00
EC ( $dS/m$ )	1/67	0/86	0/22	2/95	0/57
ضریب شکل	0/45	0/24	0/06	0/97	0/13



نگاره 2-نمایی از پیشانی خندق شماره 6 منطقه میشان (سلیمان پور، 1386)

تحلیل همبستگی رسوب تولیدی در خندق‌های میشان نشان می‌دهد که میزان رسوب تولیدی در خندق‌های این منطقه با سه عامل مساحت آبخیز، پوشش گیاهی و خاک لخت در سطح 1 درصد همبستگی معنی‌دار مثبت دارد. به عبارت دیگر این مطلب دلالت بر این موضوع دارد که با افزایش مساحت آبخیز، پوشش گیاهی و خاک لخت در بالای پیشانی خندق‌ها، رواناب بیشتری تولید می‌شود و می‌تواند در گسترش خندق‌ها تأثیر بیشتری داشته باشد (جدول 6).

جدول 6 : میزان ضریب همبستگی رسوب تولیدی در دوره 73-85 با سایر متغیرهای مورد بررسی در منطقه میشان

متغیرها	ضریب همبستگی r
مساحت آبخیز (m <sup>2</sup> )	0/775**
درصد پوشش گیاهی	0/750**
درصد خاک لخت	0/648**
درصد سنگریزه سطحی	0/399
درصد شیب	0/467
درصد رس	0/493
درصد سیلت	0/198
درصد شن	-0/314
EC (dS/m)	-0/085
ضریب شکل	0/406

\*\* معنی دار بودن در سطح 1٪

\* معنی دار بودن در سطح 5٪

معادله نهایی برای رسوب تولیدی در خندق‌های میشان نشان می‌دهد که میزان رسوب تولیدی در خندق‌های این منطقه تابع پنج متغیر درصد پوشش گیاهی ( $X_2$ )، درصد سنگریزه سطحی ( $X_4$ )، درصد شن ( $X_8$ )، EC ( $X_9$ ) و ضریب شکل ( $X_{10}$ ) است. بیشترین تأثیر پنج عامل ذکر شده مربوط به ضریب شکل با  $\beta_5 = 1/042$  و کمترین آن مربوط به درصد سنگریزه سطحی با  $\beta_2 = 0/545$  است. این پنج عامل با ضریب تبیین اصلاح شده 89/9 درصد در سطح 1 درصد تأثیر معنی‌دار بر تولید رسوب در خندق‌های منطقه میشان دارند (جدول 7).

جدول 7 : معادله نهایی روش رگرسیون گام به گام و ضرایب آن در منطقه میشان

معادله	ضرایب استاندارد					ضریب تبیین اصلاح شده $R^2$	سطح معنی داری
	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$		
$Y = 2064/1 + 111/54X_2 - 121/59X_4 - 28/13X_8 - 419/3X_9 + 2042/65X_{10}$	/593	/545	/699	/765	/042	89/9٪	1٪
	0	0	0	0	1		

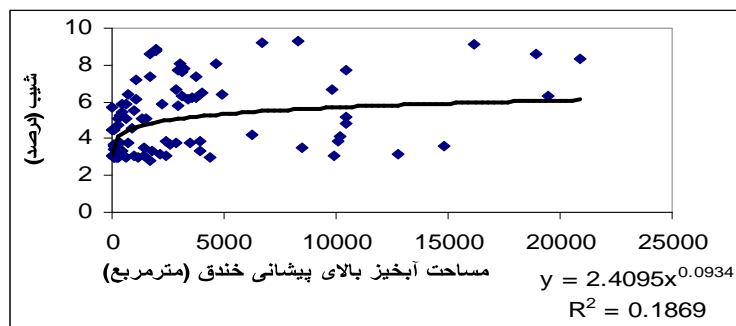
در منطقه میشان با اقلیم نیمه خشک معتدل، معادله پیشنهادی با توجه به بیشترین مقدار ضریب تبیین اصلاح

شده به صورت زیر است :

$$Y=2064/1+111/54X_2-121/59X_4-28/13X_8-419/3X_9+2042/65X_{10}$$

با توجه به ضرایب استاندارد و معادله خطی فوق مشخص می گردد به ازاء هر واحد  $X_4$  (درصد سنگ ریزه سطحی) مقدار  $0/545$ ،  $X_8$  (درصد شن) مقدار  $0/699$  و  $X_9$  (EC) مقدار  $0/765$  از مقدار  $Y$  (رسوب تولیدی در دوره 73-85) کاسته می شود و به ازاء هر واحد  $X_2$  (درصد پوشش گیاهی) مقدار  $0/593$  و هر واحد  $X_{10}$  (ضریب شکل) مقدار  $1/042$  به مقدار  $Y$  اضافه می شود. در نتیجه در منطقه میشان عوامل ضریب شکل، EC، شن، پوشش گیاهی و سنگ ریزه سطحی به ترتیب مهم ترین نقش را در گسترش خندق ها و تولید رسوب دارند و تنها می توان با افزایش پوشش گیاهی میزان گسترش فرسایش خندقی را کنترل نمود.

به منظور بررسی آستانه توپوگرافی در خندق های مورد تحقیق از رابطه شیب و مساحت واقع در بالای پیشانی خندق ها بررسی گردید. با توجه به یافته های Vandekerckhov et al (1998) و رابطه پیشنهادی آنها برای آستانه توپوگرافی در فرسایش خندقی رابطه  $A= 2.409 S^{0.03}$  برای خندق های میشان به دست آمد. توان (b) نشان دهنده عملکرد فرایند زیرسطحی در خندق های این منطقه است که احتمالاً ناشی از خصوصیات و سازند زمین شناسی (گچساران) می باشد (1).



شکل 1- نمودار مساحت-شیب در خندق های میشان

### نتیجه گیری

خندق های مورد مطالعه در این تحقیق، با عمق متوسط ( $1/3$  متر) در گروه خندق های عمیق، از نوع جانبی و بر روی دامنه و پلان عمومی آنها پنجه ای شکل و پلان پیشانی آنها مدور می باشد. خندق ها دارای مقطع V شکل بوده و از نظر مقدار ماده آلی کمتر از 1 درصد ماده آلی در این منطقه وجود دارد (1).

با توجه به تحلیل های آماری، مشخص شد مهم ترین عامل در تولید رسوب ناشی از فرسایش خندقی در منطقه میشان، ضریب شکل، EC، شن، پوشش گیاهی و سنگ ریزه سطحی است. این نتایج بیانگر تاثیر بیشتر ویژگی های زمین شناسی بر گسترش خندق و رسوب تولیدی است. آستانه توپوگرافی نیز از تاثیر عمده فرآیند رواناب زیرسطحی در گسترش خندق ها حکایت دارد که با نتایج محققان اروپایی مطابقت دارد (1).

به نظر می رسد بایستی تحقیقات بیشتری بر روی هیدرولوژی دامنه های دارای خندق و مکانیسم ایجاد آنها از نظر ایجاد شیار یا عمل انحلال در بروز و گسترش خندق و راه های کنترل آنها در آینده صورت گیرد.

## منابع

- 1- سلیمان پور، س.م. مقایسه رسوب‌زایی خندق‌ها و رابطه آن با ویژگی‌های حوزه آبخیز و سازند زمین‌شناسی در اقلیم‌های مختلف استان فارس. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. تهران، 1386. 170ص.
- 2- صوفی، م. 1383. بررسی ویژگی‌های مورفوکلیماتیک خندق‌های استان فارس. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، شماره ثبت 83/1153، 133ص.
- 3- علی‌زاده، ا. 1368. فرسایش و حفاظت خاک (تألیف آر. پی. سی مورگان). انتشارات آستان قدس رضوی. 258ص.
- 4- Hudson, N.W. 1985. "Soil Conservation".pp.152.
- 5- Morgan, R.P.C., 1995. Soil Erosion and Conservation, second edition, Longman, 198 pp.
- 6- Morgan, R.P.C., Mngomezulu, D. 2003. Threshold condition of vally- side gullies in the Middle Veld of Swaliand . Catena 50(2003) 401-412.
- 7-Oldeman, LR. Makkeling, RTA and Some broek, WG., 1991, World map of the status of human- induced soil degradation. An explanatory MOTE, Global assessment of soil degradation (GLASOD), october
- 8- Poesen. J, J. Nachorgale.J, and G. Verstrac .2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. Catena, 50,91-133.
- 9- Vandekerckhove, L., J. Poesen, D. Oostwoud wijdenes, J. Nachtengaele, C. Kosmas, M. J. Roxd, T. De Figueiredo. 2000. Thresholds for Gully initiation and sedimentation in Mediterranean Europe. Earth surface processes and land forms, 25: 1201-1220.
- 10- Vandekerckhove, L. Poesen, J;.. D. Oostwoud wijdenes and T.Rigveiredo. 1998. Topographical thersholds for ephemeral gully initiation in intensively wltivated areas of the Mediterranean. Catene ,Vol 33: 271-292.
- 11- Vandekerckhove, L., J. Poesen, G. Govers. 2003. Medium Term gully headcut rates in southeast spain determined from aerial photographs and ground measurements. Catena, 50 : 329-352.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.